

## **Análise da variabilidade de proveniências de pinheiro bravo na Mata Nacional do Escaroupim**

**Isabel Correia<sup>1</sup> Eugénia Rocha<sup>1</sup> João Pessoa<sup>1</sup> Alexandre Aguiar<sup>1</sup> Maria Helena Almeida<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Estação Florestal Nacional, Dep<sup>o</sup> Ecofisiologia e Melhoramento Florestal, Quinta do Marquês, 2780-159 OEIRAS

<sup>2</sup> Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Tapada da Ajuda 1349-017 LISBOA

### **INTRODUÇÃO**

A importância silvícola e económica do pinheiro bravo, que representa 30% da área ocupada por espécies florestais no nosso País (DGF- 3º IFN 2001), conduziu a várias acções com vista ao melhoramento para esta espécie, no âmbito das quais foi instalado em 1992 um ensaio de proveniências em 6 locais de características ecológicas distintas. A importância da caracterização de populações de pinheiro bravo foi sublinhada pela implementação de legislação (Decreto-Lei nº 205/2003) que regulamenta a comercialização de material florestal de reprodução desta espécie.

O estudo que se apresenta decorreu num dos locais do ensaio de proveniências, a Mata Nacional do Escaroupim, tendo como objectivos a avaliação, aos 8 anos, da variabilidade genética do pinheiro bravo no que se refere a características de crescimento, de adaptação e de forma, e o desenvolvimento de um índice de selecção primário. Foi também efectuada uma comparação de resultados utilizando diferentes intensidades de amostragens tendo em vista a preparação das avaliações dos restantes campos experimentais.

Com o objectivo de comparar o comportamento das proveniências relativamente às características abordadas neste estudo, foram avaliadas as diferenças existentes entre todas as proveniências em ensaio, as proveniências nacionais em ensaio, populações geograficamente próximas mas de diferentes altitudes e exposições, pomares de semente e restantes populações, populações de diferentes regiões de proveniência esboçadas no nosso País segundo critérios edafo-climáticos, e populações nacionais de diferentes classes de altitude.

Foi avaliada apenas a variabilidade *fenotípica* intra-proveniências, porque o ensaio não inclui descendências que permitam avaliar a variabilidade genética dentro de cada proveniência. Foram também estudadas as relações entre as características e as variáveis geográficas e climáticas, e estimados parâmetros genéticos que permitiram a elaboração de um índice primário de selecção para as várias características em simultâneo.

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **Material vegetal**

No ensaio estão representadas trinta populações, das quais vinte e duas nacionais oriundas de povoamentos produtores de semente, e ainda duas espanholas, três francesas e três australianas, estas últimas resultado de cruzamentos com material de Leiria (tabela 1). Entre as trinta populações estão incluídos cinco pomares clonais, representando semente testada (D1097 e LANDPS62) e semente qualificada (PCSE0102, SN5063 e SN7901).

As populações nacionais asseguram a representação de condições climáticas bastante variáveis e podem ser consignadas a diferentes classes de altitude. Algumas provêm de regiões de proveniência esboçadas num estudo anterior (Carneiro *et al.* 2000) e certas populações provêm de locais geograficamente muito próximos diferindo apenas em altitude ou exposição.

**Tabela 1** - Proveniências de *Pinus pinaster* representadas no ensaio

Referência	Proveniência	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Idade (anos)
CORSEGA	Porto Vecchio/Córsega	700-900	41-42° N	9° 10'E	-
CUENCA	Boniches/Cuenca	800	39° 58'	1° 38'W	-
D1097	Austrália- Mullaloo (sem. testada)	-	-	-	-
GA82	Galiza	-	-	-	-
LANDES	Lavercantière/Landes	-	-	-	-
LANDPS62	CEMAGREF/Landes (sem. testada)	300	44° 37'N	1° 19'W	-
PA18	Maceda T13/Aveiro (sem. seleccionada)	80	40° 39'N	8° 36'W	8
PAS54	M. da Moita/ Alcácer do Sal (sem. seleccionada)	20	37° 52'N	8° 30'W	-
PB42	Albagueiras/Bragança (sem. seleccionada)	800	41° 52'N	6° 32'W	19
PCSE0102	M. N. Escaroupim (sem.qualificada)	10	39° 04'N	8° 44'W	12
PFF03	P. Foja T11c/Figueira da Foz (sem. seleccionada)	50	40° 18'N	8° 44'W	14
PFF06	P. Urso T145/Figueira da Foz (sem. seleccionada)	20	40° 13'N	8° 53'W	15
PL20	Carvalho/Lousã (sem. seleccionada)	430	40° 07'N	8° 01'W	25
PL24	Braçal/Lousã (sem. seleccionada)	250	40° 09'N	8° 11'W	21
PL26	S. Pedro Dias/Lousã (sem. seleccionada)	410	40° 07'N	8° 08'W	14
PM33	Anta T14/Monção (sem. seleccionada)	310	42° 04'N	8° 23'W	40
PM34	Anta T45/Monção (sem. seleccionada)	370	42° 04'N	8° 23'W	32
PM36	Anta T23/Monção (sem. seleccionada)	500	42° 04'N	8° 24'W	36
PMA29	Verdelhos/Manteigas (sem. seleccionada)	750	40° 26'N	7° 30'W	21
PMA30	More/Manteigas (sem. seleccionada)	630	40° 24'N	7° 26'W	65
PMB39	Arjuiz/Mondim de Basto (sem. seleccionada)	480	41° 25'N	7° 55'W	27
PMC43	Chacim/M. de Cavaleiros (sem. seleccionada)	680	41° 28'N	6° 54'W	25
PMG12	T54a/M. N. Leiria (sem. seleccionada)	20	39° 46'N	8° 57'W	28
PMG46	T199/M. N. Leiria (sem. seleccionada)	20	39° 46'N	8° 57'W	42
PMG52	T164/M. N. Leiria (sem. seleccionada)	55	39° 46'N	8° 58'W	34
PMT40	C. Pondres/Montalegre (sem. seleccionada)	690	41° 49'N	7° 56'W	25
PS45	Monserate/Sintra (sem. seleccionada)	250	38° 46'N	9° 24'W	20
PSP02	Covelinho/S. Pedro do Sul (sem. seleccionada)	700	40° 37'N	8° 12'W	28
SN5063	Austrália-Joondalup (sem qualificada)	-	-	-	-
SN7901	Austrália-Mullaloo (sem.qualificada)	-	-	-	-

Fonte: Aguiar et al., 1995

### Campo experimental do Escaroupim

O campo experimental do Escaroupim inclui-se na rede de locais em que foi estabelecido o ensaio de proveniências no nosso País, encontrando-se localizado a 39°05'N e 8°45'W, à altitude de 10 m. Como nos restantes locais, foi utilizado um delineamento estatístico de blocos casualizados completos, tendo sido instalados neste local oito blocos ocupando 3,9 ha. A unidade experimental é constituída por 30 plantas por proveniência e as medições foram efectuadas em 8 árvores escolhidas aleatoriamente no centro das unidades experimentais. Foram avaliadas a altura total (m), o diâmetro à altura do peito (cm) e características de forma: rectidão do fuste, forma da copa, ângulo de inserção dos ramos e espessura dos mesmos, neste caso recorrendo a uma escala de notação de 1 a 6, sendo 6 a pontuação máxima. A sobrevivência foi avaliada como a proporção do número de árvores sobreviventes em cada unidade experimental.

### Análise de dados

A análise do comportamento das populações foi efectuada com base nas médias das 8 observações em cada unidade experimental, tendo sido utilizado um modelo misto (*software* SAS® V8.2) para estimar as componentes da variância e as heritabilidades, os valores médios de cada população e para efectuar os testes de comparação de médias. A variabilidade intra-populações foi estimada recorrendo aos coeficientes de variação, as relações entre as características e as variáveis geográficas e climáticas foram estimadas pelos coeficientes de correlação de Pearson. A representação gráfica de análises em componentes principais evidenciou o comportamento das proveniências no conjunto das características e o ordenamento das proveniências, ponderando diversas características em simultâneo, foi efectuado recorrendo a um índice primário de selecção (Coterill & Dean 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram detectadas diferenças significativas entre as 30 populações para quase todas as características e elevados coeficientes de variação intra-populacional (tabelas 2 e 3). Os melhores *crescimentos* pertencem a proveniências que representam pomares de semente (D1097, SN7901, PCSE0102, SN5063), a Monção (PM36, PM 33, PM 34) e à Marinha Grande (PMG52), confirmando a mais valia de material genético melhorado e de genótipos nacionais do litoral norte e centro (tabela 4). Entre as populações que se distinguiram pela *forma* superior estão CORSEGA e CUENCA, de crescimento lento, mas também PCSE0102, SN7901 e D1097, de crescimento mais rápido, indicando a possibilidade de seleccionar populações que reúnem crescimento e forma superiores. Verifica-se que esta superioridade no crescimento e na forma é mais evidente na semente qualificada (PCSE0102, pomar de semente nacional) ou testada (D1097 pomar australiano). É importante referir que as proveniências D1097, SN7901, PCSE0102 e SN5063 têm origem em cruzamentos de material genético de Leiria, tendo a proveniência Leiria revelado um excelente crescimento nos ensaios de proveniências instalados na Austrália (Hopkins & Butcher 1993), e estando entre as melhores em crescimento e forma nos ensaios espanhóis. Nestes dois ensaios não foi testado material proveniente de Monção.

O facto de não terem sido detectadas diferenças significativas para algumas características (diâmetro, inserção dos ramos, espessura dos ramos) entre as proveniências *portuguesas* pode assentar em várias razões:

- 1) Ter ocorrido no século passado um extenso fluxo génico entre as populações nacionais, devido principalmente à utilização de mistura de semente de vários pontos do País para repovoamentos florestais. A reduzida diferenciação entre algumas populações de pinheiro bravo nacionais e a composição genica heterogénea de cada população tornaram-se também evidentes no estudo realizado por Ribeiro *et al.* (2001), utilizando marcadores nucleares e citoplásmicos, os quais estão associados a características neutras. No entanto, poderá vir a revelar-se um padrão geográfico na avaliação de características adaptativas nos vários locais do ensaio, dado que no processo de instalação pode ter ocorrido selecção para as condições locais.

**Tabela 2** - Estatística F e Prob.  $F_{\text{Calc.}} > F_{\text{Tab.}}$  obtida através de contrastes para os diferentes agrupamentos de proveniências. A variável sobrevivência foi sujeita à transformação angular

	Todas		Portuguesas (22)		Portuguesas (14)		Pomares de semente		Regiões de proveniência		Altitudes		PFF03 <i>vs</i> PFF06		PL20 <i>vs</i> PL24 <i>vs</i> PL26		PM33 <i>vs</i> PM34 <i>vs</i> PM36		PMA29 <i>vs</i> PMA30		PMG12 <i>vs</i> PMG46 <i>vs</i> PMG52	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
Altura	7,4	<0,0001	1,84	0,0197	1,97	0,0276	10,48	0,0014	3,12	0,0298	4,13	0,0077	0,01	0,9249	0,90	0,4092	0,48	0,6177	0,64	0,4263	0,40	0,6741
Diâmetro	4,3	<0,0001	1,12	0,3358	1,13	0,3378	6,93	0,0092	2,73	0,0486	1,53	0,2106	0,06	0,7998	0,05	0,9533	0,40	0,6693	0,61	0,4352	0,16	0,8507
Rectidão do fuste	3,6	0,0001	2,58	0,0006	2,77	0,0015	10,53	0,0014	3,23	0,0261	2,02	0,1133	0,04	0,8495	0,23	0,7941	5,41	0,0055	1,79	0,1833	0,07	0,9298
Forma da copa	4,39	<0,0001	3,17	<0,0001	2,83	0,0012	8,58	0,0038	6,78	0,0004	5,82	0,0009	2,25	0,1356	1,26	0,2871	0,36	0,6991	0,26	0,6087	1,77	0,1743
Inserção dos ramos	2,67	<0,0001	1,49	0,0891	1,34	0,1964	2,53	0,1136	1,93	0,1299	3,34	0,0213	0,72	0,3981	3,66	0,0284	1,01	0,3678	0,18	0,6760	1,24	0,2916
Espessura dos ramos	1,75	0,0141	1,14	0,3170	1,17	0,3040	0,33	0,5682	1,38	0,2548	2,23	0,0878	0,95	0,3313	2,54	0,0828	0,65	0,5236	0,27	0,6023	0,60	0,5494
Sobrevivência	1,15	0,2793	1,09	0,3618	0,68	0,7847	0,14	0,7106	1,22	0,3083	0,25	0,8586	0,47	0,4954	2,75	0,0673	0,68	0,5085	0,02	0,8748	1,54	0,2183

**Tabela 3** - Escalonamento decrescente dos Coeficientes de variação fenotípicos (CV) das proveniências (Proven), por característica, determinado com base em todos os genótipos observados

Altura		Diâmetro		Rectidão do fuste		Forma da copa		Inserção dos ramos		Espessura dos ramos		Sobrevivência	
Proven	CV	Proven	CV	Proven	CV	Proven	CV	Proven	CV	Proven	CV	Proven	CV
CUENCA	30,19	CUENCA	47,14	PL24	28,45	GA82	29,51	PM36	31,23	PMT40	26,66	PL26	56,12
GA82	24,92	CORSEGA	38,64	PMG46	27,83	PL24	29,13	PL24	30,33	PM34	26,41	CORSEGA	50,89
PA18	24,72	SN5063	34,44	PMG52	27,83	PL26	28,44	PMT40	29,72	PCSE0102	26,07	PMG46	44,4
CORSEGA	23,64	LANDPS62	33,07	LANDPS62	26,84	PS45	27,55	PM34	28,96	PMA29	25,68	PM34	42,94
PAS54	23,62	LANDES	33,02	PSP02	26,78	PM33	26,8	LANDPS62	28,49	PMG52	25,62	SN7901	40,59
SN5063	23,42	GA82	32,62	GA82	25,94	PM36	25,81	PMG52	28,28	LANDPS62	25,39	PM33	38,63
PSP02	23	PMA29	32,36	PL26	25,92	SN7901	25,76	SN7901	27,62	PFF06	24,93	PM36	37,6
PMG12	22,45	PAS54	32,11	PMT40	25,6	PMT40	25,47	PCSE0102	27,04	PS45	24,52	LANDES	36,22
PL24	22,28	PSP02	29,77	D1097	24,9	PFF03	25,12	PL26	26,95	PM36	24,37	PA18	36,05
LANDPS62	22,05	PFF03	29,76	PMC43	24,8	PMA30	24,38	PS45	26,68	PB42	22,84	PMT40	31,79
PMA29	22,05	PB42	29,4	PS45	24,71	PMA29	24,08	PSP02	26,01	PSP02	22,73	PMG52	30,26
PFF03	21,95	PMC43	29,36	PFF03	24,65	PMG46	24	PAS54	25,68	PL24	22,7	PFF06	29,1
PB42	21,85	PFF06	29,33	LANDES	24,57	PMG52	23,83	PMA29	25,47	PM33	22,53	PMG12	28,42
PFF06	21,85	PL24	28,72	PL20	24,3	PA18	23,59	SN5063	25,16	D1097	22,45	PMC43	27,8
PMB39	21,52	PMB39	28,7	PM34	23,37	PFF06	23,32	GA82	24,38	PFF03	21,77	PSP02	27,63
PMC43	21,01	PM34	28,47	SN5063	22,1	PL20	23	CUENCA	23,61	SN7901	21,68	CUENCA	25,75
D1097	20,6	PM36	28,36	PMG12	21,79	PSP02	22,6	PFF03	23,3	PAS54	21,56	PMB39	25,59
PM36	19,97	SN7901	28,32	PM33	21,76	PMC43	22,1	LANDES	23,06	PMC43	21,16	GA82	24,71
LANDES	19,6	PM33	28,13	PA18	21,53	PMG12	22,05	PMG12	23,02	PL26	21,1	PL20	24,43
PM34	19,5	PMG52	28,13	PMA30	21,2	SN5063	22,02	PA18	22,86	PMG12	20,82	PCSE0102	23,29
PL26	19,44	PMG12	27,77	PM36	21,05	PMB39	21,93	PB42	22,86	SN5063	20,79	PFF03	22,29
PM33	19,38	PL26	27,62	PB42	20,32	PB42	21,9	PMA30	22,86	PMA30	20,64	PS45	20,65
PS45	18,68	PMT40	27,53	PFF06	20,15	D1097	21,73	PMB39	22,52	PL20	20,53	D1097	20,58
PMG52	18,57	D1097	27,18	SN7901	20,04	PCSE0102	21,54	PM33	21,65	PA18	20,13	PMA29	19,63
PMT40	18,4	PMG46	26,41	PAS54	20,02	PAS54	21,53	PMC43	21,6	GA82	20,1	SN5063	19,57
PMG46	18,03	PS45	26,36	PMA29	20,01	CUENCA	20,84	PMG46	21,46	LANDES	19,66	LANDPS62	19,06
PL20	17,66	PA18	25,03	PCSE0102	19,66	CORSEGA	20,15	PFF06	21,37	CUENCA	18,17	PB42	15,99
SN7901	17,12	PMA30	24,71	PMB39	19,41	PM34	20,13	PL20	21,27	PMG46	17,55	PL24	15,79
PMA30	16,05	PL20	24,02	CORSEGA	16,9	LANDES	20,03	D1097	21,01	PMB39	17,09	PMA30	15,72
PCSE0102	15,13	PCSE0102	22,89	CUENCA	15,27	LANDPS62	18,82	CORSEGA	18,27	CORSEGA	15,24	PAS54	13,3

**Tabela 4** – Escalonamento decrescente das estimativas EBLUE (Estim) e erros padrão (Errpd) dos valores médios das proveniências (Proven) e valor médio geral, por característica. Todas as estimativas recorreram às variáveis nas unidades originais

Altura			Diâmetro			Rectidão do fuste			Forma da copa			Inserção dos ramos			Espessura dos ramos			Sobrevivência		
Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd	Proven	Estim	Err pd
D1097	6,22	0,32	PM36	11,03	0,75	CORSEGA	4,34	0,17	CORSEGA	3,94	0,14	CORSEGA	4,18	0,16	CORSEGA	3,82	0,14	PL24	0,81	0,08
PM36	6,17	0,34	D1097	10,77	0,69	PCSE0102	4,25	0,16	CUENCA	3,84	0,13	PMC43	3,80	0,15	CUENCA	3,53	0,13	PMG52	0,79	0,08
SN7901	6,11	0,33	SN7901	10,77	0,71	CUENCA	4,13	0,16	PMC43	3,80	0,13	CUENCA	3,69	0,15	PMG46	3,52	0,13	PMG12	0,76	0,08
PMG52	6,07	0,33	PM33	10,67	0,69	SN7901	4,11	0,17	LANDES	3,72	0,13	PMA29	3,61	0,15	PCSE0102	3,48	0,13	PB42	0,76	0,08
PM33	6,01	0,32	PM34	10,40	0,69	D1097	4,09	0,16	PCSE0102	3,64	0,13	PM33	3,59	0,15	PL20	3,47	0,13	PMB39	0,76	0,07
PCSE0102	6,00	0,32	PMG52	10,34	0,71	PM33	4,08	0,16	D1097	3,56	0,13	PMG12	3,58	0,16	PMC43	3,47	0,13	PMA29	0,75	0,07
SN5063	5,94	0,32	PCSE0102	10,28	0,69	PMB39	4,05	0,16	LANDPS62	3,52	0,15	D1097	3,58	0,15	SN7901	3,47	0,14	PL20	0,75	0,07
PMG12	5,93	0,33	SN5063	10,19	0,69	PMC43	4,00	0,16	PB42	3,47	0,14	PB42	3,57	0,16	D1097	3,45	0,13	PMA30	0,75	0,08
PM34	5,84	0,32	PMG12	10,16	0,71	PMG46	3,89	0,16	PMA29	3,47	0,13	PL20	3,55	0,15	PMB39	3,44	0,13	PCSE0102	0,74	0,07
PL24	5,79	0,33	PMT40	10,16	0,69	PMG52	3,84	0,17	SN7901	3,44	0,14	PMA30	3,53	0,16	PMA30	3,43	0,14	GA82	0,74	0,07
PMG46	5,79	0,32	PS45	10,08	0,69	SN5063	3,83	0,16	PM33	3,44	0,13	PMG46	3,52	0,15	PAS54	3,42	0,14	PAS54	0,73	0,08
PL20	5,72	0,32	PL24	9,97	0,71	PB42	3,81	0,17	PMG46	3,42	0,13	PAS54	3,52	0,16	PA18	3,41	0,13	PSP02	0,72	0,07
PS45	5,66	0,32	PMG46	9,97	0,69	PA18	3,81	0,16	PMT40	3,41	0,13	PFF06	3,44	0,16	PFF06	3,38	0,14	PM33	0,69	0,07
PMA30	5,65	0,33	PSP02	9,89	0,69	PMG12	3,80	0,17	SN5063	3,41	0,13	PMB39	3,44	0,15	PMG52	3,38	0,14	SN7901	0,69	0,08
PFF06	5,60	0,33	PAS54	9,86	0,71	PMA29	3,80	0,16	PAS54	3,38	0,14	PMT40	3,44	0,15	GA82	3,38	0,13	LANDES	0,68	0,07
PAS54	5,58	0,33	PMA30	9,86	0,71	PFF06	3,69	0,17	PMA30	3,38	0,14	GA82	3,41	0,15	PM33	3,38	0,13	PFF03	0,68	0,07
PB42	5,58	0,33	PL20	9,83	0,69	PM36	3,68	0,18	PFF03	3,34	0,13	PCSE0102	3,41	0,15	PMT40	3,38	0,13	D1097	0,67	0,07
PA18	5,58	0,32	PL26	9,81	0,69	PFF03	3,64	0,16	PM34	3,31	0,13	PSP02	3,41	0,15	PMA29	3,34	0,13	PM36	0,66	0,08
PFF03	5,57	0,32	PB42	9,81	0,71	PMT40	3,64	0,16	PM36	3,30	0,15	PM36	3,37	0,17	SN5063	3,34	0,13	SN5063	0,66	0,07
PMT40	5,54	0,32	PFF03	9,64	0,69	GA82	3,61	0,16	PMB39	3,25	0,13	PM34	3,33	0,15	PMG12	3,34	0,14	PMG46	0,65	0,07
PSP02	5,51	0,32	PFF06	9,48	0,71	PAS54	3,56	0,17	GA82	3,19	0,13	SN7901	3,33	0,16	PB42	3,28	0,14	PMC43	0,65	0,07
PMB39	5,44	0,32	PA18	9,41	0,69	PL20	3,52	0,16	PA18	3,15	0,13	PA18	3,32	0,15	LANDES	3,23	0,13	PMT40	0,65	0,07
PL26	5,41	0,32	PMA29	9,33	0,69	PMA30	3,50	0,17	PMG12	3,14	0,14	PL26	3,28	0,15	PFF03	3,22	0,13	PA18	0,63	0,07
PMA29	5,40	0,32	GA82	9,23	0,69	LANDPS62	3,48	0,18	PSP02	3,14	0,13	SN5063	3,28	0,15	PM34	3,21	0,13	LANDPS62	0,63	0,08
GA82	5,34	0,32	PMB39	9,05	0,69	PL24	3,47	0,17	PMG52	3,13	0,14	PMG52	3,28	0,16	PM36	3,20	0,15	CUENCA	0,61	0,07
LANDPS62	4,79	0,34	LANDPS62	9,00	0,75	PS45	3,45	0,16	PL20	3,11	0,13	PFF03	3,27	0,15	PL26	3,17	0,13	PS45	0,61	0,07
PMC43	4,75	0,32	PMC43	8,83	0,69	PSP02	3,45	0,16	PS45	3,11	0,13	LANDES	3,20	0,15	LANDPS62	3,17	0,15	PFF06	0,61	0,08
LANDES	4,74	0,32	LANDES	8,63	0,69	PM34	3,38	0,16	PFF06	3,08	0,14	LANDPS62	3,17	0,17	PSP02	3,16	0,13	PM34	0,58	0,07
CORSEGA	3,75	0,33	CORSEGA	6,77	0,71	PL26	3,38	0,16	PL24	3,02	0,14	PS45	3,17	0,15	PL24	3,13	0,14	PL26	0,58	0,07
CUENCA	3,51	0,32	CUENCA	6,00	0,69	LANDES	3,33	0,16	PL26	2,84	0,13	PL24	3,00	0,16	PS45	3,13	0,13	CORSEGA	0,50	0,08
<b>Média</b>	<b>5,50</b>	<b>0,23</b>	<b>Média</b>	<b>9,64</b>	<b>0,48</b>	<b>Média</b>	<b>3,75</b>	<b>0,07</b>	<b>Média</b>	<b>3,37</b>	<b>0,06</b>	<b>Média</b>	<b>3,44</b>	<b>0,08</b>	<b>Média</b>	<b>3,36</b>	<b>0,08</b>	<b>Média</b>	<b>0,68</b>	<b>0,03</b>

2) A juvenilidade do ensaio (8 anos) poderá ser em parte responsável pela aparente falta de diferenciação. Alia *et al.* (1991), num estudo sobre a interacção proveniência – idade efectuado em 52 proveniências de pinheiro bravo em Espanha, concluíram que não havia alterações significativas na selecção das melhores proveniências desde os 5 anos de idade. Contudo, a comparação dos resultados obtidos no Escaroupim aos 4 anos de idade (Aguiar *et al.* 1999) com os resultados do presente estudo aos 8 anos revela que ocorreram algumas alterações no *ranking* das melhores proveniências em altura.

3) A variação encontrada no campo experimental do Escaroupim foi apreciável, inflacionando o erro experimental e reduzindo a possibilidade de detectar diferenças entre proveniências. Esta variação deveu-se em parte à grande dimensão dos blocos e ocorrência de ataques de parasitas, que ocasionaram grandes variações dentro dos blocos e consequentemente um elevado erro experimental.

4) Por último, as condições deste local de ensaio poderão não revelar diferenças de comportamento das proveniências nacionais, uma vez que a altitude, o regime de temperaturas e precipitação no Escaroupim não representam condições limite que permitam diferenciar populações adaptadas a essas condições.

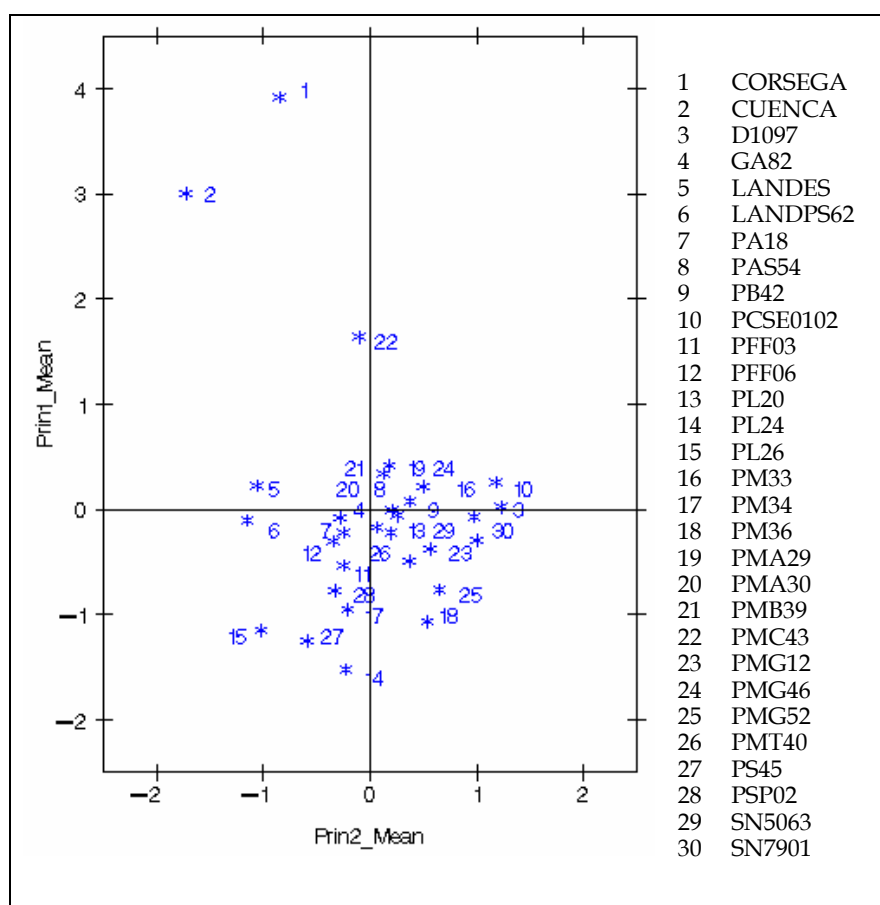
A comparação entre *populações geograficamente muito próximas* e entre populações de algumas *regiões de proveniência* nacionais esboçadas num estudo anterior (Carneiro *et al.* 2000) revelou uma diferenciação quase nula, que poderá ser atribuída quer a idênticos processos evolutivos ou às razões apresentadas anteriormente. A *latitude* e *longitude* de origem das proveniências nacionais também não permitem diferenciar populações, pelo contrário a *altitude* permite uma clara diferenciação para a altura e forma da copa. Os *pomares de semente* diferenciam-se das restantes populações para a maior parte das características (tabela 2).

Não foram detectadas diferenças significativas na sobrevivência das populações analisadas, o que pode dever-se às razões acima apresentadas, tendo sido detectados os valores mais elevados (tabela 4) em populações da Lousã e Marinha Grande (cerca de 80%) e o menos elevado para a Córsega (50%). As correlações entre as características analisadas e as variáveis geográficas e climáticas de origem das proveniências portuguesas revelaram-se muito fracas (tabela 5).

**Tabela 5** - Coeficientes de correlação de Pearson e respectiva significância a 5% entre parênteses, entre as características analisadas e as variáveis geográficas e climáticas de origem das proveniências portuguesas

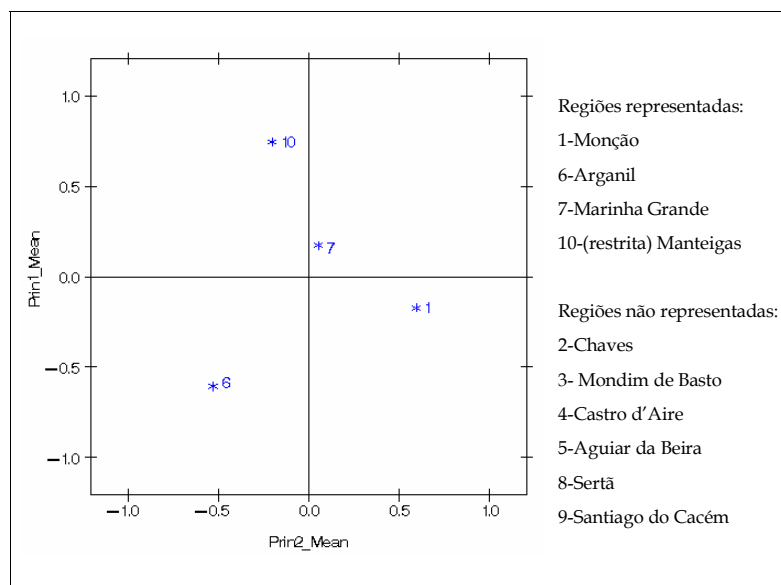
Coeficientes de correlação de Pearson						
	Altitude	Latitude	Longitude	Temperatura média anual	Precipitação total anual	Nº dias geada/ano
Altura	-0,15 (0,0546)	-0,03 (0,7310)	0,18 (0,0184)	0,15 (0,056)	0,00 (0,9921)	-0,11 (0,1571)
Diâmetro	-0,05 (0,5237)	0,02 (0,7925)	0,11 (0,1745)	0,08 (0,3164)	0,00 (0,9566)	-0,07 (0,3952)
Rectidão do fuste	-0,08 (0,3228)	0,06 (0,4109)	-0,04 (0,6400)	0,07 (0,3743)	-0,17 (0,0255)	0,09 (0,2564)
Forma da copa	0,12 (0,1238)	0,12 (0,1347)	-0,22 (0,0042)	-0,09 (0,2483)	-0,14 (0,064)	0,21 (0,0063)
Inserção dos ramos	0,13 (0,0953)	0,09 (0,2589)	-0,19 (0,014)	-0,10 (0,1834)	-0,03 (0,684)	0,13 (0,0820)
Espessura dos ramos	-0,06 (0,4632)	-0,03 (0,7050)	-0,03 (0,6858)	-0,01 (0,9435)	-0,06 (0,4587)	0,09 (0,2387)
Sobrevivência	0,02 (0,7759)	-0,06 (0,4492)	-0,07 (0,3385)	-0,04 (0,6510)	0,01 (0,8704)	0,08 (0,2892)

As análises em componentes principais efectuadas permitiram analisar graficamente o comportamento das proveniências no conjunto das características. Nestas representações o 1º eixo contrasta o crescimento com a forma (melhor forma e menor crescimento nos quadrantes superiores) e o 2º eixo representa uma média ponderada das diferentes características (melhor comportamento geral nos quadrantes do lado direito). À excepção de CORSEGA, CUENCA E PMC43 que se distanciam do agrupamento geral pela forma, não se detectam agrupamentos de proveniências. PCSE0102, D1097, PM33 e SN7901 (pomares de semente e Monção) exibem um bom comportamento geral (figura 1). Agrupando as populações por regiões de proveniência (Carneiro *et al* 2000) observa-se que na região restrita de Manteigas podemos encontrar forma superior e na região de Monção melhor comportamento geral (figura 2). O agrupamento por classes de altitude revela que, nas condições do Escarpoum (10 m), as populações oriundas de altitude superior a 600 m possuem melhor forma mas menor crescimento e as populações oriundas de altitudes entre 0 – 200 m de altitude possuem o melhor comportamento geral (figura 3).

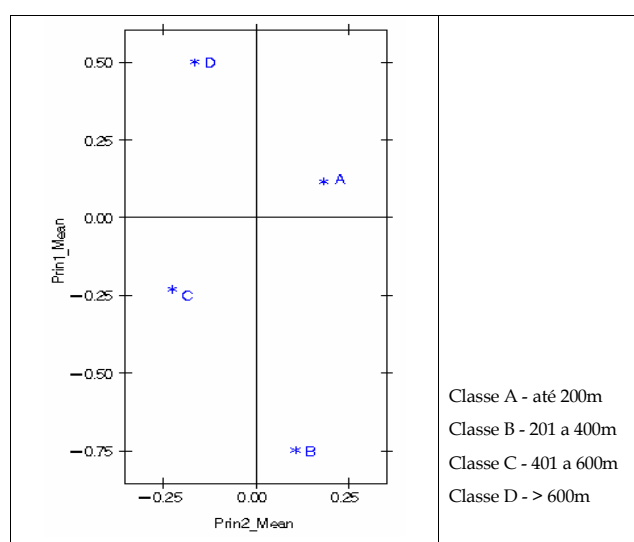


**Figura 1** - Representação no plano dos dois eixos principais do comportamento de todas as proveniências relativamente a todas as características





**Figura 2** - Representação no plano dos dois eixos principais do comportamento das proveniências com origem em 4 regiões de proveniência, relativamente a todas as características. Regiões representadas: 1-Monção; 6-Arganil; 7-Marinha Grande; 10-(restrita) Manteigas. Regiões não representadas: 2-Chaves; 3-Mondim de Basto; 4-Castro d'Aire; 5-Aguiar da Beira; 8-Sertã; 9-Santiago do Cacém.



**Figura 3** - Representação no plano dos dois eixos principais do comportamento das proveniências com origem em 4 classes de altitude (Classe A - até 200 m; Classe B - 201 a 400 m; Classe C - 401 a 600 m; Classe D - > 600 m), e todas as características

Com base nas heritabilidades em sentido lato estimadas (tabela 6), nos valores fenotípicos médios e nos pesos económicos de algumas características foi elaborado o índice de selecção primário a seguir apresentado. A ausência de termos relativos à espessura dos ramos e sobrevivência deve-se aos elevados erros padrão associados à estimativa destas características.

$$I = w_{Alt} H^2_{Alt} P_n_{Alt} + w_{DAP} H^2_{DAP} P_n_{DAP} + w_{Rectfuste} H^2_{Rectfuste} P_n_{Rectfuste} + w_{Formcopa} H^2_{Formcopa} P_n_{Formcopa} + w_{Insramos} H^2_{Insramos} P_n_{Insramos} \quad \text{em que:}$$

$w$  = Peso económico da característica

$H^2$  = Heritabilidade em sentido lato da característica

$P_n$  = Valor fenotípico médio da característica para a proveniência  $n$  ( $1 \leq n \leq 30$ )

Alt = Altura; DAP = Diâmetro; Rectfuste = Rectidão do fuste; Formcopa = Forma da copa; Insramos = Ângulo de inserção dos ramos.

**Tabela 6** - Componentes da variância da proveniência, do bloco e do erro, desvios padrão fenotípicos e heritabilidades em sentido lato para as diferentes características, com a variável sobrevivência sujeita à transformação angular (erros padrão entre parênteses).

Característica	Componentes da variância			Desvio padrão fenotípico ( $\sigma_P$ )	Heritabilidade em sentido lato ( $H^2$ )
	Proveniência	Bloco	Erro		
Altura	0,35 (0,106)	0,40 (0,222)	0,41 (0,042)	0,670	0,78 (0,072)
Diâmetro	0,87 (0,298)	1,82 (1,009)	1,98 (0,203)	1,158	0,65 (0,101)
Rectidão do fuste	0,06 (0,021)	0,03 (0,018)	0,17 (0,017)	0,285	0,70 (0,082)
Forma da copa	0,05 (0,017)	0,02 (0,015)	0,11 (0,012)	0,262	0,75 (0,070)
Inserção dos ramos	0,03 (0,013)	0,04 (0,025)	0,13 (0,014)	0,228	0,58 (0,115)
Espessura dos ramos	0,01 (0,006)	0,05 (0,027)	0,09 (0,010)	0,164	0,35 (0,156)
Sobrevivência	0,00 (0,002)	0,01 (0,006)	0,04 (0,005)	0,087	0,10 (0,229)

Esta expressão permite seleccionar as proveniências com melhor comportamento no conjunto destas características através da atribuição de um valor de índice a cada proveniência (tabela 7). As populações com melhor comportamento geral em crescimento e forma são D1097 (semente testada australiana integrando Leiria), PCSE0102 (semente qualificada nacional), PM33 (Monção) e SN7901 (semente qualificada australiana integrando Leiria). A existência de algumas correlações entre características poderá contudo condicionar os ganhos esperados pela selecção através deste índice (tabela 8).

A comparação de resultados com diferentes intensidades de amostragem (tabela 9) permitiu verificar que a redução do número de árvores observadas por proveniência e por bloco não altera significativamente as selecções efectuadas, devendo ser ponderados o rigor pretendido na selecção, o tempo implicado, a disponibilidade da equipa e os custos financeiros associados.

**Tabela 7** – Valores dos índices atribuídos às proveniências

Proveniência	Índice	(cont.) Proveniência	(cont.) Índice
D1097	60,73	PMA30	55,53
PCSE0102	60,03	PM34	55,51
PM33	59,77	PL20	55,03
SN7901	59,57	PFF03	54,88
PM36	58,14	PA18	54,85
PMG46	57,54	PFF06	54,62
SN5063	57,26	PSP02	54,11
PMG12	57,12	CORSEGA	54,05
PMG52	56,98	PS45	53,97
PB42	56,85	GA82	53,69
PMC43	56,04	PL24	53,54
PMT40	56,00	PL26	52,33
PMA29	55,93	LANDPS62	52,04
PAS54	55,61	LANDES	51,59
PMB39	55,57	CUENCA	50,33

**Tabela 8** - Ganhos esperados com a selecção das 4 proveniências com os mais elevados valores de índice (entre parênteses: valor percentual em relação ao valor médio da característica)

	D1097	PCSE0102	PM33	SN7901
Altura	0,56 (10,2)	0,39 (7,0)	0,40 (7,2)	0,48 (8,6)
Diâmetro	0,73 (7,5)	0,42 (4,3)	0,67 (6,9)	0,73 (7,5)
Rectidão do fuste	0,24 (6,4)	0,35 (9,3)	0,23 (6,1)	0,25 (6,7)
Forma da copa	0,14 (4,3)	0,20 (6,0)	0,05 (1,5)	0,05 (1,6)
Inserção dos ramos	0,08 (2,3)	-0,02 (-0,6)	0,09 (2,6)	-0,06 (-1,8)

**Tabela 9** - Escalonamento das proveniências segundo os índices calculados com diferentes dimensões da amostra

Proven	Índice 4 obs	Proven	Índice 5 obs	Proven	Índice 6 obs	Proven	Índice 7 obs	Proven	Índice 8 obs
PCSE0102	51,64	PCSE0102	54,40	PM33	56,89	D1097	59,87	D1097	60,73
D1097	51,45	D1097	54,00	D1097	56,26	PCSE0102	59,09	PCSE0102	60,03
PM33	51,27	PM36	53,45	PCSE0102	56,20	PM33	59,03	PM33	59,77
SN7901	50,91	SN7901	52,88	SN7901	56,09	SN7901	58,50	SN7901	59,57
PMG52	50,32	PM33	52,79	PMG46	54,76	PM36	56,95	PM36	58,14
PMG46	49,81	SN5063	51,84	SN5063	54,26	PMG46	56,64	PMG46	57,54
PMG12	49,54	PMG52	51,71	PM36	53,92	PMG12	56,25	SN5063	57,26
PM36	49,35	PB42	51,27	PMG12	53,90	PB42	56,18	PMG12	57,12
SN5063	49,06	PMG46	50,81	PB42	53,82	SN5063	56,05	PMG52	56,98
PMT40	48,69	PMG12	50,37	PMG52	53,44	PMG52	55,83	PB42	56,85
PM34	48,62	PM34	50,29	PMT40	52,94	PMA29	55,21	PMC43	56,04
PB42	48,51	PMC43	50,18	PAS54	52,64	PMC43	55,16	PMT40	56,00
PMC43	48,43	PAS54	50,04	PMC43	52,59	PM34	54,95	PMA29	55,93
PMA29	48,13	PMA29	49,94	PMA29	52,53	PMT40	54,91	PAS54	55,61
PL20	48,02	PMB39	49,81	PMA30	52,53	PMA30	54,66	PMB39	55,57
PAS54	47,97	PMT40	49,60	PMB39	52,21	PAS54	54,44	PMA30	55,53
PMB39	47,24	PL20	49,60	PM34	52,19	PMB39	54,15	PM34	55,51
PSP02	46,96	PFF03	49,48	PFF06	51,95	PFF06	54,06	PL20	55,03
PA18	46,91	PMA30	49,45	PL20	51,89	PA18	53,91	PFF03	54,88
PS45	46,71	PA18	49,12	PFF03	51,77	PL20	53,79	PA18	54,85
PFF06	46,71	PS45	48,79	PL24	51,14	PFF03	53,59	PFF06	54,62
PL24	46,70	PFF06	48,55	PA18	51,14	PSP02	53,29	PSP02	54,11
PMA30	46,56	PL24	48,31	PSP02	50,88	PS45	53,23	CORSEGA	54,05
CORSEGA	46,53	GA82	47,82	PS45	50,77	CORSEGA	53,12	PS45	53,97
PFF03	46,48	PSP02	47,42	GA82	50,68	GA82	52,18	GA82	53,69
GA82	46,20	CORSEGA	47,38	CORSEGA	50,29	PL24	52,04	PL24	53,54
PL26	45,10	LANDPS62	46,77	PL26	49,18	LANDPS62	51,61	PL26	52,33
LANDPS62	45,01	PL26	46,70	LANDPS62	48,90	PL26	51,00	LANDPS62	52,04
LANDES	43,78	LANDES	46,20	LANDES	48,75	LANDES	50,83	LANDES	51,59
CUENCA	42,57	CUENCA	44,20	CUENCA	46,19	CUENCA	49,18	CUENCA	50,33

## CONCLUSÕES

A existência de diferenças significativas entre as trinta populações e os elevados coeficientes de variação intra-populacional demonstram a possibilidade de seleção, a nível da proveniência e de indivíduos dentro da proveniência, para florestação, acções de melhoramento e de conservação genética.

O melhor comportamento geral foi manifestado pela semente de pomares (D1097, PCSE0102, SN7901) e de Monção (PM33, PM36), podendo esperar-se, aos 8 anos e em condições semelhantes ao Escaroupim, ganhos em altura e diâmetro até 0,56 m e 0,73 cm respectivamente. De uma forma geral, as populações de altitude plantadas neste campo experimental exibiram um crescimento menor mas forma superior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR A, ALPUIM M, ROLDÃO M I. 1995. Ensaio de Proveniências de *Pinus pinaster* Ait. (Resultados Preliminares). *Silva Lusitana*. 3(1): 53-63.
- AGUIAR A, ROLDÃO M I, ESTEVES I, BAETA J. 1999. Ensaio de Proveniências de *Pinus pinaster* Ait. Resultados de quatro anos de ensaio. *Silva Lusitana*. 7( 1): 39-47.
- ALÍA R, GIL L, PARDOS J A, CATALÁN G. 1991. Interacción procedencia-edad en 52 procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en España. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. 0: 11-24.
- CARNEIRO M, LOBO P, SOUSA H, CARRASQUINHO I, CORREIA I, AGUIAR A. 2001. Estudos de Base para a Delimitação de Regiões de Proveniência de Pinheiro Bravo. *Silva Lusitana*. 9(1): 35-46.
- COTERILL P P, DEAN C A . 1990. *Successful Tree Breeding with Index Selection*. Ed. CSIRO, Australia.
- DIRECÇÃO GERAL DAS FLORESTAS. 2000. *Distribuição das Florestas em Portugal Continental: 3ª Revisão do Inventário Florestal Nacional*. Divisão de Inventário e Estatísticas Florestais.
- HOPKINS E R, BUTCHER T B. 1993. Provenance comparisons of *Pinus pinaster* Ait. in Western Australia. *CalmScience*. 1 (1): 55-105.
- RIBEIRO M M. 2001. *Genetics of Pinus pinaster Aiton with Cytoplasmic and Nuclear Markers*. PhD Thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 177, Swedish Un. of Agr. Sciences.